

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITE DE COOPÉRATION  
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)(19) Organisation Mondiale de la Propriété  
Intellectuelle  
Bureau international(43) Date de la publication internationale  
24 décembre 2003 (24.12.2003)

PCT

(10) Numéro de publication internationale  
WO 03/106994 A1

(51) Classification internationale des brevets<sup>7</sup> : G01N 29/26, 29/10, B23K 31/12

(21) Numéro de la demande internationale : PCT/FR03/01798

(22) Date de dépôt international : 13 juin 2003 (13.06.2003)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité : 02/07441 17 juin 2002 (17.06.2002) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : L'AIR LIQUIDE, SOCIETE ANONYME A DIRECTOIRE ET CONSEIL DE SURVEILLANCE POUR L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCEDES GEORGES CLAUDE [FR/FR]; 75, quai d'Orsay, F-75321 Paris Cedex 07 (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : CENCE, Mario [FR/FR]; La Cassine, F-71390 Saint Vallerin (FR). WASTIAUX, Sophie [FR/FR]; 38, avenue P. Gastaud, F-93600 Aulnay s/Bois (FR). BARDOUX, Olivier [FR/FR]; 8, avenue Dubonnet, F-92400 Courbevoie (FR).

(74) Mandataires : PITTIS, Olivier etc.; L'Air Liquide, SA, 75, quai d'Orsay, F-75321 Paris Cedex 07. (FR).

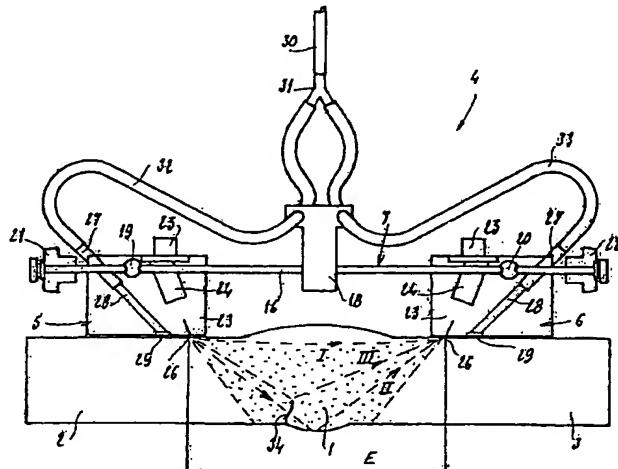
(81) États désignés (national) : AE, AG, AL, AT, AU, BA, BB, BG, BR, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GM, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KP, KR, LC, LK, LR, LT, LU, LV, MA, MG, MK, MN, MX, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SE, SG, SK, TN, TR, TT, UA, US, UZ, VN, YU, ZA.

(84) États désignés (régional) : brevet européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: METHOD FOR ULTRASONIC CONTROL OF WELD JOINTS

(54) Titre : PROCEDE DE CONTRÔLE PAR ULTRASONS DE JOINTS SOUDÉS



WO 03/106994 A1

(57) Abstract: The invention concerns a method for non-destructive ultrasonic control, combining time-of-flight diffraction and inclined longitudinal wave techniques, of weld joints (1) assembling two abutted parts (2, 3). Therefor, the method consists in, using the time-of-flight diffraction technique, displacing in the longitudinal or circumferential direction, along the weld joint (1) to be controlled, at least one pair consisting of a first transducer (5) and of a second transducer (6), one transmitting and the other receiving ultrasonic waves, said transducers (5, 6) being laterally positioned on either side of the joint (1) to be controlled, said transducers (5, 6) comprising piezoelectric ceramics or crystals, so as to detect any defect in the joint (1, 50) located at a thickness of at least 5 mm. Furthermore, it consists in displacing along the welded joint (1) to be controlled, using the inclined longitudinal wave technique, at least a third transducer (57, 53, 54, 55), so as to detect any defect of the joint (1, 50) located at a thickness ranging between 0.5 mm and 15 mm. The invention is applicable to manufacturing and operating controls, in particular for weld joints of walls of components under pressure.

[Suite sur la page suivante]

**Publiée :**

- *avec rapport de recherche internationale*
- *avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont requises*

*En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.*

---

**(57) Abrégé :** Le procédé permet le contrôle non destructif par ultrasons, combinaison des techniques "TOFD" et "OLI", de joints soudés (1) réunissant bout à bout deux pièces (2, 3). Pour ce faire, on déplace, en appliquant la technique "TOFD", dans le sens longitudinal ou circonférentiel, le long du joint soudé (1) à contrôler, au moins un couple formé d'un premier traducteur (5) et d'un deuxième traducteur (6), l'un émetteur et l'autre récepteur d'ondes ultrasonores, lesdits transducteurs (5, 6) étant positionnés latéralement de part et d'autre du joint (1) à contrôler, lesdits transducteurs (5, 6) comprenant des céramiques ou cristaux piézoélectriques, de manière à détecter tout défaut du joint (1, 50) situé à une épaisseur d'au moins 5 mm. En outre, on déplace également le long du joint soudé (1) à contrôler, en appliquant la technique de l'onde longitudinale inclinée ("OLI"), au moins un troisième traducteur (57, 53, 54, 55), de manière à détecter tout défaut du joint (1, 50) situé à une épaisseur comprise entre 0.5 mm et 15 mm. Applications aux contrôles en fabrication et en service, notamment pour joints soudés de parois de composants sous pression.

Procédé de contrôle par ultrasons de joints soudés

5

La présente invention concerne un procédé pour le contrôle non destructif, par ultrasons, de matériaux et, plus particulièrement, de joints soudés réunissant, bout à bout, deux pièces métalliques, en particulier du 10 genre plaques ou tôles.

Ce procédé permet le contrôle, en fabrication et en service, de structures et d'équipements à joints soudés, par exemple obtenus par fusion locale, et pouvant être le siège de défauts plans du genre fissure ou de défauts volumiques ; à ce titre, on utilisera ci-après indifféremment les termes "défaut" 15 ou "fissure".

A titre d'exemples non limitatifs, le procédé selon l'invention peut se rapporter au contrôle des joints soudés des parois d'équipements ou de composants fonctionnant sous pression, appartenant à des unités chimiques ou pétrochimiques, des centrales nucléaires ou analogues, des structures de 20 machines volantes, des éléments ou pièces de machines tournantes, ou des canalisations, en des situations qui peuvent nécessiter des contrôles et notamment des examens répétés, comme des examens avant et après traitement thermique, ou avant et après réparation, des suivis en exploitation de matériaux ou d'assemblages, des suivis d'évolution de défauts dans des 25 équipements sous pression (tels que fissures évolutives en service), des contrôles industriels de fabrication, etc...

Une technique particulière dite "TOFD" (Time-Of-Flight Diffraction), applicable au contrôle par ultrasons, a été développée par Mr SILK dès 1973, et se trouve décrite, par exemple, dans BRITISH STANDARD – BS 7706 : 30 1993, ou dans l'ouvrage de J.P. CHARLESWORTH et J.A.G. TEMPLE "Engineering Applications of Ultrasonic Time-of-Flight Diffraction" (1989-2001).

Toutefois, aucun document n'indique, à ce jour, des moyens permettant d'assurer la détection efficace, par une échographie simple, de défauts aléatoires situés dans un volume de joints soudés compris entre 5 mm 35 et 100 mm d'épaisseur.

En effet, les principales difficultés qui se présentent actuellement, lors d'un examen par ultrasons selon la technique "TOFD", et qui restent en attente de solutions industrielles, sont les suivantes :

- dans le cas par exemple d'un couple de traducteurs ultrasoniques
- 5 en contact avec une surface non plane du composant à examiner, il est généralement nécessaire de changer de traducteur pour l'examen complet d'un joint reliant des parois d'épaisseurs comprises entre 5 mm et 100 mm.
- des fissures réelles ne sont pas toujours décelées avec les procédures classiques, mentionnant des gammes de traducteurs ou d'angles
- 10 de réfraction trop floues.
- il est aussi nécessaire de changer de couple de traducteurs, pour utiliser des écarts de points d'émergence différents, et des angles de réfraction adaptés aux différentes épaisseurs, comme par exemple pour la recherche de défauts pouvant être situés à proximité de la surface de soudage ou, au contraire, au voisinage de la paroi opposée à la surface de soudage.
- 15 - pour la recherche de défauts du type fissure, il n'existe pas de critère de notation pouvant assurer à 100% la détection de fissures débouchantes ou de défauts internes susceptibles de déboucher sur la surface interne ou externe, et dont la corrélation avec un examen radiographique ait montré de meilleures performances que la technique à ultrasons.

Pour tenter de résoudre ces problèmes, des solutions ont déjà été proposées.

Ainsi, le document GB-A-2198532 a proposé un procédé d'inspection de type TOFD (pour *time-of-flight diffraction*) d'objets soudés situés sous l'eau, telles des plates-formes d'extraction pétrolière, mettant en œuvre deux traducteurs (*transducers* en anglais) adjacents à la surface de l'objet à inspecter et espacés l'un de l'autre, en étant situés de part et d'autre du joint de soudure dans lequel les éventuelles fissures doivent être détectées.

Cependant, les solutions proposées jusqu'à présent se sont avérées non satisfaisantes, insuffisantes ou imparfaites au plan industriel, notamment car elles ne permettaient pas une détection efficace des fissures dans les joints soudés.

La présente invention vise alors à résoudre les problèmes existants dans l'art antérieur en proposant un procédé de contrôle de joints soudés amélioré permettant de couvrir efficacement au moins la gamme d'épaisseurs comprise entre 5 mm et au moins 60 mm, en un seul passage le long du joint à

inspecter, que ce soit dans le sens longitudinal ou circonférentiel, c'est-à-dire pour des joints linéaires ou circulaires (raboutage de tubes), ainsi que la gamme d'épaisseurs plus faibles, à savoir les zones proches de la surface ayant une épaisseur comprise entre 0.5 mm 5 mm, qui sont habituellement 5 plus difficiles à inspecter.

De plus, l'invention vise aussi à permettre d'ausculter une zone d'épaisseur ou de volume plus important en utilisant un nombre raisonnable de traducteurs.

Enfin, cette invention a aussi pour but de fournir un matériel simple 10 et autonome, adapté pour la mise en œuvre du procédé de contrôle concerné au plan industriel.

La solution de la présente invention est alors un procédé de contrôle par ultrasons de joints soudés combinant la technique "TOFD" et la technique "OLI".

Plus précisément, l'invention porte sur un procédé de contrôle par ultrasons de joints soudés, plus particulièrement de joints soudés réunissant bout-à-bout deux pièces métalliques, dans lequel on réalise le contrôle du joint:

a) on déplace, en appliquant la technique "TOFD", dans le sens longitudinal ou circonférentiel, le long du joint soudé à contrôler, au moins un couple formé d'un premier traducteur et d'un deuxième traducteur, l'un émetteur et l'autre récepteur d'ondes ultrasonores, lesdits transducteurs étant positionnés latéralement de part et d'autre du joint à contrôler, lesdits traducteurs comprenant des céramiques ou cristaux piézoélectriques, de manière à détecter tout défaut du joint situé à une épaisseur d'au moins 5 mm, 25 et de préférence jusqu'à 60 mm.

b) on déplace le long du joint soudé contrôler, en appliquant la technique de l'onde longitudinale inclinée ("OLI"), au moins un troisième traducteur, de manière à détecter tout défaut du joint situé à une épaisseur comprise entre 0.5 mm et 15 mm.

Selon le cas, le procédé de l'invention peut comprendre l'une ou 30 plusieurs des caractéristiques techniques suivantes :

- à l'étape a), les premier et deuxième traducteurs comprennent des céramiques ou cristaux piézoélectriques de forme rectangulaire ou oblongue.

- à l'étape a), les traducteurs ultrasonores ont une bande de fréquence supérieure à 60 % de la fréquence centrale et une fréquence comprise entre 1 et 20 MHz, de préférence entre 6 et 18 MHz.

5 - il comprend le décalage latéral (D) du couple de traducteurs ultrasonores, par rapport au centre ou à l'axe du joint soudé.

- à l'étape a), on détecte tout défaut du joint situé à une épaisseur d'au moins 10 mm, de préférence entre 10 et 300 mm, de préférence encore de 10 à 60 mm.

10 - à l'étape b), la technique "OLI" est mise en œuvre par insonification d'au moins une partie du joint à contrôler avec des ondes sonores longitudinales inclinées d'un angle ( $\beta$ ) compris entre 70 et 90°, de préférence d'environ 76° d'angle de réfraction, et/ou à une fréquence entre 1.5 et 4 MHz, en particulier de l'ordre de 2 MHz.

15 - l'étape b), est opérée successivement de part et d'autre du joint soudé à contrôler.

- à l'étape b), on détecte tout défaut du joint situé à une épaisseur comprise entre 0.5 mm et 20 mm, de préférence de 0.5 mm à 10 mm.

20 - à l'étape b), on utilise au moins un troisième traducteur comportant une céramique d'émission d'ondes permettant d'émettre des ondes sonores en direction de la soudure et d'une céramique de réception d'ondes ultra-sonores permettant de recevoir des ondes ultra-sonores.

25 - il comprend une phase d'étalonnage du ou des couples de traducteurs ultrasonores, à partir d'une entaille d'étalonnage de profondeur déterminée, simulant une fissure, de préférence une entaille de longueur égale à environ 10 mm et de profondeur de l'ordre de 1 mm.

- il comprend au moins une étape d'analyse d'au moins un signal reçu par un ou chaque traducteur récepteur, au cours du balayage du joint soudé, de manière à déceler tout défaut, notamment toute fissure, et préférentiellement d'en déterminer ou d'en évaluer la hauteur ou dimension.

30 - l'épaisseur (e) est comprise entre 5 mm et au moins 60 mm, et les pièces sont des parois d'équipements ou de composants fonctionnant sous pression, appartenant à des unités chimiques ou pétrochimiques, des centrales nucléaires ou analogues, des structures de machines volantes, des éléments ou pièces de machines tournantes, des canalisations, des rails de chemin de fer ou tout autre ensemble mécano-soudé.

De préférence, le procédé utilise des traducteurs ultrasonores de ce genre à large bande de fréquence, en particulier supérieure à 60% de la fréquence centrale, et ayant des impulsions très courtes, c'est-à-dire des fréquences élevées, comprises notamment entre 1 et 20 MHz, et de préférence 5 entre 6 et 18 MHz.

Le procédé selon l'invention comprend encore, avantageusement, l'adaptation de l'écartement entre les deux traducteurs ultrasonores, l'un émetteur et l'autre récepteur, et/ou le décalage latéral de ce couple de traducteurs par rapport au centre du joint soudé à contrôler, pour couvrir de 10 façon optimale, avec ce seul couple de traducteurs, un volume correspondant à l'épaisseur du joint à contrôler, et incluant éventuellement des zones adjacentes à ce joint. En particulier, le réglage d'écartement entre les deux points d'émergence est adaptable ici pour que l'écho de réflexion de la paroi opposée contrôlée soit à son amplitude voisine du maximum.

15 Il est clair qu'avec des paires de traducteurs plus nombreuses, le procédé permet aussi, en un seul passage, l'auscultation d'épaisseurs plus importantes, pouvant atteindre 300 mm.

20 On notera que la procédure de traitement prend ici en compte non seulement les informations contenues dans les signaux habituels, allant de l'onde latérale à l'écho de fond, mais aussi les informations générées par les ondes secondaires, comme les transformations de mode.

Ceci est précisément rendu possible par l'utilisation revendiquée de traducteurs à large bande (supérieure à 60% de la fréquence centrale), et ayant des fréquences élevées, de préférence comprises entre 6 et 18 MHz.

25 Le procédé objet de l'invention permet ainsi, de façon rapide, c'est-à-dire la détection de tout type de défaut sur l'intégralité d'un joint soudé, la hauteur des fissures étant mesurable avec une précision de  $\pm 0,25$  mm.

Pour parvenir à une telle précision, il est avantageux de procéder 30 au préalable à une phase d'étalonnage du ou des couples de traducteurs ultrasonores servant à la mise en œuvre du procédé TOFD, à partir d'une entaille d'étalonnage, en particulier électro-érodée, de profondeur déterminée, située sur une face d'un bloc d'étalonnage, une telle entaille artificielle simulant une fissure. Cette entaille peut notamment avoir une épaisseur comprise entre 0,5 mm et la demi épaisseur d'un bloc d'étalonnage dont l'épaisseur 35 correspond à celle des pièces portant la soudure à examiner, voire sur l'une des pièces elles-même ; dans ce cas, elle peut être ménagée sur une face

opposée à sa surface de sondage. En particulier, l'entaille peut avoir une hauteur d'environ 1 mm lorsqu'on souhaite détecter des fissures très fermées.

Le matériel selon l'invention, pour la mise en œuvre de ce procédé, comprend :

5 - au moins un couple formé d'un premier et d'un deuxième traducteurs, l'un émetteur et l'autre récepteur d'ondes ultrasonores, lesdits traducteurs utilisant des céramiques ou cristaux piézoélectriques, et les deux traducteurs étant reliés mécaniquement par un support commun les maintenant à un écartement voulu (E), et se trouvant aussi raccordés à une arrivée de 10 liquide, en particulier d'eau, pour le couplage acoustique de ces traducteurs avec l'élément à contrôler,

- au moins un troisième traducteur, et
- des moyens de traitement des mesures, les traducteurs étant encore reliés auxdits moyens de traitement (des mesures).

15 Selon le cas, le matériel de l'invention peut comprendre l'une ou plusieurs des caractéristiques techniques suivantes :

20 - le support commun des deux traducteurs, l'un émetteur et l'autre récepteur des ondes ultrasonores, comprend une tringlerie agencée pour permettre un réglage de l'écartement (E) entre ces deux traducteurs ultrasonores.

- la tringlerie de support des deux traducteurs ultrasonores comprend encore un montage pivotant de chaque traducteur, avec moyens de blocage dans une position angulaire choisie.

25 - le support commun des deux traducteurs ultrasonores possède un montage permettant un décalage latéral (D) du couple de traducteurs par rapport au centre du joint soudé à contrôler.

- ledit troisième traducteur comporte une céramique d'émission d'ondes permettant d'émettre des ondes sonores et d'une céramique de réception d'ondes sonores permettant de recevoir des ondes sonores.

30 - le support commun des deux traducteurs TOFD, l'un émetteur et l'autre récepteur des ondes ultrasonores, comprend une tringlerie agencée pour permettre un réglage de l'écartement entre ces deux traducteurs ultrasonores. Avantageusement, la tringlerie de support des deux traducteurs ultrasonores comprend encore un montage pivotant de chaque traducteur, 35 avec moyens de blocage dans une position angulaire choisie, ce qui permet l'ajustement du contact des traducteurs sur une surface de planéité imparfaite,

ou l'adaptation de leur inclinaison en fonction du rayon de courbure de l'élément à contrôler, si celui-ci présente une surface courbe, par exemple cylindrique. Pour optimiser le balayage du joint soudé à contrôler, le support commun des deux traducteurs ultrasonores peut, en outre, posséder un 5 montage permettant un décalage latéral du couple de traducteurs, par rapport au centre du joint soudé à contrôler.

Quant aux moyens de traitement des mesures, ceux-ci peuvent être réalisés selon des techniques connues dans le domaine des appareils de mesure et de contrôle à ultrasons. En particulier, les mesures effectuées 10 peuvent faire l'objet d'une mémorisation et d'un stockage, pour être traitées ultérieurement par un logiciel ou par des calculs spécifiques, visant à former et visualiser des images dites "A-SCAN" et/ou "B-SCAN", et à extraire de ces images les anomalies ou autres signes discriminatoires de défauts des joints soudés contrôlés, afin d'aboutir à une interprétation visuelle en temps réel ou 15 en temps différé, par analyse du signal en mode automatique.

Une bibliothèque d'images-types peut aider ici les opérateurs à prendre des décisions sur les compléments d'examen à réaliser, et/ou à effectuer un diagnostic sur la nature des défauts mis en évidence. Un logiciel spécifique peut aussi fournir ici des moyens complémentaires pour statuer sur 20 un type de défaut décelé, en particulier sur le caractère volumique ou non du défaut analysé.

Par ailleurs, une méthode d'analyse du type "cascade", préconisée par les normes, peut aussi être utilisée.

L'invention sera mieux comprise à l'aide de la description qui suit, 25 faite en références aux figures annexées représentant, à titre d'exemples non limitatifs, une forme d'exécution du matériel de l'invention servant à la mise en œuvre du procédé de l'invention, parmi lesquelles :

- la Figure 1 est un schéma de principe très simplifié de l'étape d'insonification par la technique TOFD de l'invention ;
- la Figure 2 est un schéma synoptique du matériel objet de l'invention ;
- la Figure 3 est une vue de face de la partie "acquisition" de ce matériel ;
- la Figure 4 est une vue en plan par dessus, correspondant à la 35 figure 3 ;

- la Figure 5 est une vue similaire à la figure 3, illustrant le décalage latéral des traducteurs utilisés pour la mise en œuvre de la technique TOFD ;

5 - la Figure 6 est une autre vue similaire à la figure 3, illustrant l'adaptation dudit matériel à un élément à contrôler possédant un rayon de courbure,

- les Figures 7 et 8 sont des schémas de principe de mise en œuvre de la technique "OLI" (ondes longitudinales inclinées) ;

- la Figure 9 schématise une détection TDOF d'une soudure de largeur importante ;

10 - la Figure 10 schématise le principe de la combinaison d'une détection TOFD et d'une détection OLI selon l'invention.

Comme l'illustre la figure 1, l'invention porte sur le contrôle TOFD d'un joint soudé 1, qui réunit bout à bout deux pièces métalliques 2, 3, telles des plaques, en particulier avec bords chanfreinés, l'ensemble possédant une 15 épaisseur donnée, typiquement comprise entre 5 mm et 100 mm.

Le matériel de mise en œuvre du procédé de manière à contrôler le joint soudé 1 et les zones adjacentes, notamment pour détecter d'éventuels défauts du genre fissure, est amené et déplacé le long du joint à inspecter, c'est-à-dire sur une face de l'ensemble constitué par le joint soudé 1 et les 20 deux pièces 2, 3 soudées l'une à l'autre.

Ce matériel comprend, en tant que partie générale d' "acquisition" 4, essentiellement deux traducteurs 5, 6, l'un émetteur et l'autre récepteur d'ondes ultrasonores, reliés entre eux par une tringlerie 7 qui les maintient à un écartement E.

25 Les deux traducteurs 5, 6 sont placés respectivement au-dessus des bords des deux pièces 2, 3, et de part et d'autre du joint soudé 1, la tringlerie 7 chevauchant ce joint 1 en s'étendant transversalement à celui-ci.

Ces traducteurs 5 et 6 sont déplacés le long du joint en effectuant un balayage, selon les flèches F1 et F2, parallèlement à la direction 30 longitudinale du joint soudé 1, un seul balayage suffisant ici pour ausculter la totalité de ce joint soudé 1.

De préférence, comme l'indique la double flèche F3, il est aussi prévu de pouvoir modifier l'écartement E entre les deux traducteurs 5, 6 et/ou de décaler latéralement ces deux traducteurs 5, 6 pour adapter le matériel aux 35 particularités de chaque joint soudé 1 et augmenter ainsi les possibilités de ce matériel.

La figure 2 est un schéma synoptique du matériel montrant à droite sa partie "acquisition" 4, avec les deux traducteurs 5, 6 reliés par la tringlerie 7, et à gauche la partie électronique 8, qui est reliée à la partie "acquisition" 4 et qui assure notamment le traitement et la visualisation des mesures effectuées.

5 La partie électronique 8 comprend un émetteur ultrasonore 9, relié en 10 au traducteur 5 émetteur d'ondes ultrasonores, ainsi qu'un récepteur ultrasonore 11 relié en 12 au traducteur 6 récepteur d'ondes ultrasonores.

Des moyens de visualisation 13, 14, respectivement pour images dites "A-SCAN" et "B-SCAN", sont prévus sur la partie électronique 8.

10 La partie "acquisition" 4 comprend encore un système autonome d'alimentation en eau sous pression, schématisé en 15, raccordé par des tubes (détaillés ci-après) aux deux traducteurs 5, 6.

Les figures 3 et suivantes représentent, plus en détail, la structure de la partie "acquisition" 4.

15 La tringlerie 7 se compose de deux tiges rectilignes parallèles 16 et 17, tenues par un support central commun 18. Sur ces tiges 16 et 17 sont montés coulissants, de part et d'autre du support central 18, deux axes transversaux 19 et 20. Le premier axe transversal 19 sert de support au traducteur 5 et le second axe transversal 20 sert de support à l'autre traducteur 20 6, la disposition étant symétrique.

Chaque traducteur 5 ou 6 est ainsi monté mobile en translation le long des tiges 16 et 17 de la tringlerie 7, ce qui permet de régler l'écartement E entre les deux traducteurs 5 et 6.

25 De plus, l'inclinaison des deux traducteurs 5, 6 est réglable, par pivotement autour des axes respectifs 19 et 20. Des vis de blocage respectives 21 et 22 sont prévues pour l'immobilisation des deux traducteurs 5 et 6 dans les positions angulaires choisies.

Dans le détail, chaque traducteur 5 ou 6 comprend :

30 - un corps 23 traversé par l'axe 19 ou 20, et pourvu d'un trou taraudé recevant la vis de blocage 21 ou 22 ;

- un bloc 24 inséré dans le corps 23, et réunissant un élément piézoélectrique et son amortisseur ;

- sur la face supérieure du corps 23, un connecteur 25 pour l'élément piézoélectrique 24 (pour le raccordement de la liaison 10 ou 12) ;

35 - sur la face inférieure du corps 23, un point d'émergence 26 du faisceau ultrasonore ;

- un raccord d'arrivée d'eau 27 relié, par un canal 28 interne au corps 23, à une sortie d'eau 29 située sur la face inférieure dudit corps 23.

Par ailleurs, le système d'alimentation en eau sous pression 15 comporte un tube commun 30 aboutissant à un "Y" de répartition 31, d'où 5 partent deux tubes souples 32, 33 qui aboutissent respectivement aux deux traducteurs 5, 6, plus particulièrement au raccord d'arrivée d'eau 27 de chaque traducteur. Ainsi est réalisé, au moyen d'une lame d'eau, le couplage acoustique entre chaque traducteur 5 ou 6 et l'élément à contrôler sur lequel est appliqué ce traducteur.

10 Les éléments piézoélectriques 24 des deux traducteurs 5 et 6 sont des céramiques piézoélectriques rectangulaires ou oblongues, par exemple de 6 x 4 mm, fonctionnant en ondes longitudinales avec faisceau acoustique pouvant aller de 30° à 80°, de préférence de 50° à 70°.

15 Les fréquences de fonctionnement sont, quant à elles, comprises entre 1 et 20 MHz, de préférence entre 6 et 18 MHz, et plus préférentiellement encore entre 6.5 MHz et 8.5 MHz pour les épaisseurs de moins de 10 mm ou entre 15 et 20 MHz, de préférence de l'ordre de 18MHz pour les épaisseurs de moins de 10 mm, et/ou avec une largeur de bande associée de 75% ± 25% par rapport à la fréquence centrale à -6 dB.

20 On peut en fait utiliser des céramiques rectangulaires de longueur comprise entre 5 et 20 mm et de largeur comprise entre 2 et 8 mm.

Utiliser des céramiques oblongues ou rectangulaires permet d'obtenir une forte divergence du faisceau ultrasonore et donc d'insonifier la totalité du volume à inspecter.

25 On peut utiliser par exemple des traducteurs TOFD référencés 5-60 OL 55, commercialisés par la société METALSCAN.

30 A titre d'exemple, un faisceau acoustique de 30 à 65° est utilisable pour inspecter des gammes d'épaisseur entre 10 et 300 mm. Un angle de réfraction dans l'acier de l'ordre de 53 à 58°, de préférence d'environ 55°, est ainsi recommandé pour une épaisseur de joint comprise entre 5 et 60 mm.

En utilisation, comme l'illustre la figure 3, l'écartement E des deux traducteurs 5, 6, plus particulièrement de leurs points d'émergence 26 respectifs, est ajusté en fonction de la largeur et de l'épaisseur du joint soudé 1.

35 On a indiqué en I le trajet ultrasonore de l'onde latérale, et en II le trajet de l'écho de fond, le volume "insonifié" ayant été grisé.

Si une fissure 34 est présente dans ce volume, l'extrémité de la fissure 34 se comporte comme une source secondaire d'ondes sphériques (ondes diffractées).

On a encore indiqué en III le trajet ultrasonore de l'écho de 5 diffraction, au sommet de la fissure 34.

L'analyse du signal reçu par le traducteur 6 récepteur, au cours du balayage du joint soudé 1, permet de déceler une telle fissure 34 et d'en mesurer la hauteur.

En réception, un préamplificateur à pile de 24 dB peut être utilisé 10 pour améliorer le rapport "signal sur bruit".

La représentation des signaux reçus peut être notamment affichée en 14, en mode "B-SCAN redressé", c'est-à-dire avec un affichage du temps en fonction de l'amplitude du signal.

Comme l'illustre la figure 5, un décalage latéral D de l'ensemble 15 des deux traducteurs 5, 6, d'un côté ou de l'autre du centre du joint soudé 1, peut faciliter la recherche de défauts en bordure de ce joint soudé 1.

Enfin, comme illustré par la figure 6, le réglage de l'inclinaison des deux traducteurs 5, 6 permet d'adapter le matériel à un élément à contrôler qui possède un rayon de courbure plus ou moins grand.

20 Selon l'invention, il est très important de prévoir une phase d'étalonnage du ou des couples de traducteurs ultrasonores 5, 6, à partir d'une entaille électro-érodée de profondeur déterminée, simulant une fissure.

En effet, sans cette étape préalable d'étalonnage, une détection efficace des fissures dans le joint peut être compromise.

25 Selon l'invention, la détection par la technique TOFD décrite ci-dessus est combinée avec une détection selon la technique dite OLI, pour Onde Longitudinale Inclinée, encore appelée technique d'ondes rampantes (*Creeping Waves*).

En effet, une telle combinaison TOFD/OLI est particulièrement 30 avantageuse car elle permet une détection efficace des fissures avec un appareil à 3 voies de contrôle, c'est-à-dire à trois traducteurs, et ce, non seulement des défauts, telles les fissures, de plus de 5 mm de profondeur mais aussi de celles de moins de 5 mm de profondeur qui sont parfois masquées par l'onde latérale, lors d'un examen en technique TOFD seule.

35 Pour ce faire, on utilise au moins 3 traducteurs de manière à couvrir totalement la totalité du volume insonifié.

Toutefois, il est possible d'utiliser plus de 3 traducteurs de manière à affiner et/ou à améliorer encore davantage la détection, par exemple des traducteurs TOFD à angles différents ou des traducteurs à ondes transversales dites de "cisaillement".

5 Comme précédemment, l'analyse des signaux se fait alors par imagerie de type A-SCAN, B-SCAN, C-SCAN et/ou D-SCAN au moyen d'un système de filtrage, en temps réel ou différé, ou d'un système de calcul apte à extraire une caractérisation de l'indication mis en évidence. Préférentiellement, on utilise le logiciel VENUS de la société METALSCAN qui produit des  
10 représentations des signaux en mode B-SCAN ou D-SCAN à partir d'un signal haute fréquence (HF) ou le logiciel MIDAS de la société TECNATOM ou tout autre logiciel équivalent.

Les composants fréquentielles des signaux enregistrés peuvent être, en outre, mesurés par analyse de la transformée de Fourier.

15 En fait, la technique OLI permet de détecter les défauts de surface, débouchant ou non-débouchant à la surface, jusqu'à une profondeur allant, selon les cas, jusqu'à de 0.5 mm environ à 18 mm, ce qui permet de compléter efficacement la zone d'épaisseur dont l'examen ne s'avère pas toujours optimal avec la technique TOFD.

20 Une telle combinaison des techniques TOFD/OLI n'a jamais été décrite jusqu'à présent et est particulièrement avantageuse au plan industriel et ce, d'autant plus qu'on précède l'examen d'une phase d'étalonnage, car cette combinaison TOFD/OLI permet de mettre en évidence des défauts de type volumique ou non-volumique dans les joints soudés sur la quasi-totalité de leur  
25 épaisseur, c'est-à-dire du volume insonifié, que ce soit à proximité de la surface (0.5 mm à 18 mm) ou plus en profondeur dans le joint (au-delà de 18 et jusqu'à 300 mm).

En pratique, la taille minimale des discontinuités et autres fissures détectables efficacement par les techniques TOFD et OLI est de l'ordre de 0.5  
30 mm, alors que la taille maximale correspond à une fissure traversante, c'est-à-dire selon toute l'épaisseur du joint.

Préférentiellement, la technique OLI est mise en œuvre pour contrôler des fissures de moins de 5 mm, situées du côté de la face de sondage, par insonification avec des ondes longitudinales inclinées entre 70 et  
35 90°, de préférence d'environ 76° d'angle de réfraction, et à une fréquence entre 1.5 et 4 MHz, par exemple de l'ordre de 2 MHz.

La ou les céramiques utilisées pour la mise en œuvre de la technique OLI sont préférentiellement rectangulaires, par exemple de 5 x 10 mm, et les deux céramiques formant un traducteur fonctionnant en émission et réception séparée et/ou pour un angle de toit (*roof angle*) compris entre 5 et 5 15°, de préférence de l'ordre de 10°.

On peut utiliser des traducteurs standards de type FIDM 76-2 commercialisées par la société METALSCAN.

La figure 7 schématise un traducteur 57 utilisable pour mettre en œuvre la technique OLI de manière à émettre des ondes longitudinales 10 inclinées (flèche F4) servant à détecter des défauts à faible épaisseur dans un joint 50 de soudure unissant deux pièces métalliques 51, 52.

Le traducteur 57 se compose d'une céramique d'émission 53 d'ondes longitudinales et d'une céramique de réception 54 d'ondes sonores portées l'une et l'autre par un sabot 55 incliné, par exemple en plexiglas ou 15 analogue, lequel forme un angle d'environ 27° ( $\pm 2^\circ$ ) avec la surface de la pièce dans le plan d'incidence.

L'angle  $\alpha$  de toit des céramiques 53, 54 est compris entre 5 et 15°, de préférence de l'ordre de 10°.

Les ondes sonores longitudinales réfractées sont envoyées dans le 20 sens de la flèche F4 vers le joint de soudure 50 selon un angle  $\beta$  de l'ordre de 76° par rapport à la surface de la pièce.

L'angle  $\gamma$  est compris entre 26 et 29° et correspond à l'angle d'incidence de la semelle usinée en plexiglas.

Comme montré sur la figure 8, le traducteur 57 est passé 25 successivement de part et d'autre du joint de soudure 50 et les ondes sonores longitudinales sont envoyées selon l'angle  $\beta$  de 76° et à une fréquence de 2 MHz, ce qui permet d'insonifier la totalité du volume supérieur du joint soudé 50.

Lorsque le joint 50 présente une largeur trop importante, on peut 30 compléter l'inspection par des passages décalés en modes TOFD comme schématisé en Figure 9 au moyen du dispositif à traducteurs 5, 6 de la Figure 1, ce qui permet de couvrir toute la largeur à inspecter, c'est-à-dire toute la zone 58 affectée thermiquement durant le soudage.

La Figure 10 schématise le principe de la combinaison d'une 35 détection TDOF et d'une détection OLI selon l'invention d'une soudure 50 entre deux pièces 51, 52.

Plus précisément, pour inspecter de manière très efficace le joint 50, le procédé est mis en œuvre en 5 passages ou balayages, à savoir :

i) passage axial centré et le long du joint 50, en mode TOFD, avec traducteurs C-C,

5 ii) passages décalés successivement à gauche puis à droite de l'axe du joint 50 (ou inversement), en mode TOFD, avec traducteurs A-A puis B-B

iii) passage à gauche du joint 50, en mode OLI, avec traducteur OL1, et

10 iv) passage à droite du joint, en mode OLI, avec traducteur OL2.

Les passages i) et ii) en mode TOFD se font avec des traducteurs A-A, B-B, C-C qui sont ici identiques ; les ondes étant envoyées sous un angle de 55° et à une fréquence de 7.5 MHz.

15 Les passages iii) et iv) en mode OLI se font avec des traducteurs OL1 et OL2 aussi identiques ; les ondes étant alors envoyées sous un angle de 76° et à une fréquence de 2 MHz (voir flèche F4) :

Une telle séquence permet d'avoir une détection très efficace des fissures tant en longueur qu'en profondeur.

20 Toutefois, il serait possible d'effectuer moins de passages, par exemple un seul passage axial en mode TOFD (passage i)) et un ou deux passages en mode OLI.

25 Bien entendu, l'invention englobe toutes les variantes de réalisation et d'application respectant le principe ci-dessus, quels que soient notamment les détails constructifs du matériel de mise en œuvre, par exemple au niveau de la structure de sa tringlerie, de la forme ou de la dimension des traducteurs. Par exemple, une focalisation électronique utilisant des traducteurs multi-éléments entrerait aussi dans le champ de l'invention.

**REVENDICATIONS**

1 – Procédé de contrôle par ultrasons de joints (1, 50) soudés, plus  
5 particulièrement de joints soudés (1, 50) réunissant bout-à-bout deux pièces  
métalliques (2, 3 ; 51, 52), dans lequel on réalise le contrôle du joint (1, 50)

10 a) on déplace, en appliquant la technique "TOFD", dans le sens  
longitudinal ou circonférentiel, le long du joint soudé (1) à contrôler, au moins  
l'un émetteur et l'autre récepteur d'ondes ultrasonores, lesdits transducteurs (5,  
6) étant positionnés latéralement de part et d'autre du joint (1) à contrôler,  
lesdits transducteurs (5, 6) comprenant des céramiques ou cristaux  
piézoélectriques, de manière à détecter tout défaut du joint (1, 50) situé à une  
15 épaisseur d'au moins 5 mm.

20 b) on déplace le long du joint soudé (1) à contrôler, en appliquant la  
technique de l'onde longitudinale inclinée ("OLI"), au moins un troisième  
transducteur (57, 53, 54, 55), de manière à détecter tout défaut du joint (1, 50)  
situé à une épaisseur comprise entre 0.5 mm et 15 mm.

25 2 - Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'à l'étape  
a), les premier et deuxième transducteurs (5, 6) comprennent des céramiques ou  
cristaux piézoélectriques de forme rectangulaire ou oblongue (24).

30 3 - Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en  
ce qu'à l'étape a), les transducteurs ultrasonores (5, 6) ont une bande de  
fréquence supérieure à 60 % de la fréquence centrale et une fréquence  
comprise entre 1 et 20 MHz, de préférence entre 6 et 18 MHz.

35 4 - Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce  
qu'il comprend le décalage latéral (D) du couple de transducteurs ultrasonores (5,  
6), par rapport au centre ou à l'axe du joint soudé (1, 50).

35 5 - Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce  
qu'à l'étape a), on détecte tout défaut du joint (1, 50) situé à une épaisseur d'au

moins 10 mm, de préférence entre 10 et 300 mm, de préférence encore de 10 à 60 mm.

6 - Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'à l'étape 5 b), la technique "OLI" est mise en œuvre par insonification d'au moins une partie du joint (1, 50) à contrôler avec des ondes sonores longitudinales inclinées d'un angle ( $\beta$ ) compris entre 70 et 90°, de préférence d'environ 76° d'angle de réfraction, et/ou à une fréquence entre 1.5 et 4 MHz, en particulier de l'ordre de 2 MHz.

10

7 - Procédé selon l'une des revendication 1 ou 6, caractérisé en ce que l'étape b), est opérée successivement de part et d'autre du joint (1, 50) soudé à contrôler.

15

8 - Procédé selon l'une des revendication 1, 6 ou 7, caractérisé en ce qu'à l'étape b), on détecte tout défaut du joint (1, 50) situé à une épaisseur comprise entre 0.5 mm et 20 mm, de préférence de 0.5 mm à 10 mm.

20

9 - Procédé selon l'une des revendication 1, 6 à 8, caractérisé en ce qu'à l'étape b), on utilise au moins un troisième traducteur (57, 53, 54, 55) comportant une céramique d'émission (53) d'ondes permettant d'émettre des ondes sonores en direction de la soudure (1, 50) et d'une céramique de réception (54) d'ondes ultra-sonores permettant de recevoir des ondes ultra-sonores.

25

10 - Procédé selon l'une des revendication 1 à 9, caractérisé en ce qu'il comprend une phase d'étalonnage du ou des couples de traducteurs ultrasonores (5, 6), à partir d'une entaille d'étalonnage de profondeur déterminée, simulant une fissure, de préférence une entaille de longueur égale à environ 10 mm et de profondeur de l'ordre de 1 mm.

30

11 - Procédé selon l'une des revendication 1 à 10, caractérisé en ce qu'il comprend au moins une étape d'analyse d'au moins un signal reçu par un ou chaque traducteur récepteur, au cours du balayage du joint soudé (1, 50), de manière à déceler tout défaut, notamment toute fissure (34), et préférentiellement d'en déterminer ou d'en évaluer la hauteur ou dimension.

12 - Procédé selon l'une des revendication 1 à 11, caractérisé en ce que l'épaisseur (e) est comprise entre 5 mm et au moins 60 mm, et les pièces sont des parois d'équipements ou de composants fonctionnant sous 5 pression, appartenant à des unités chimiques ou pétrochimiques, des centrales nucléaires ou analogues, des structures de machines volantes, des éléments ou pièces de machines tournantes, des canalisations, des rails de chemin de fer ou tout autre ensemble mécano-soudé.

10 13 - Matériel pour la mise en œuvre du procédé de contrôle de joints soudés selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, caractérisé en ce qu'il comprend :

- au moins un couple formé d'un premier et d'un deuxième traducteurs (5, 6), l'un émetteur et l'autre récepteur d'ondes ultrasonores, 15 lesdits traducteurs (5, 6) utilisant des céramiques ou cristaux piézoélectriques (24), et les deux traducteurs (5, 6) étant reliés mécaniquement par un support commun (7) les maintenant à un écartement voulu (E), et se trouvant aussi raccordés à une arrivée (15, 30 à 33) de liquide, en particulier d'eau, pour le. 20 couplage acoustique de ces traducteurs (5, 6) avec l'élément à contrôler (1, 2, 3),  
- au moins un troisième traducteur (57, 53, 54, 55), et  
- des moyens de traitement (8) des mesures, les traducteurs étant encore reliés auxdits moyens de traitement (8) des mesures.

25 14 - Matériel selon la revendication 13, caractérisé en ce que le support commun (7) des deux traducteurs (5, 6), l'un émetteur et l'autre récepteur des ondes ultrasonores, comprend une tringlerie (16, 17) agencée pour permettre un réglage de l'écartement (E) entre ces deux traducteurs ultrasonores (5, 6).

30 35 15 - Matériel selon la revendication 14, caractérisé en ce que la tringlerie (7 ; 16, 17) de support des deux traducteurs ultrasonores (5, 6) comprend encore un montage pivotant (axes 19, 20) de chaque traducteur (5, 6), avec moyens de blocage (21, 22) dans une position angulaire choisie.

16 - Matériel selon l'une des revendications 13 à 15, caractérisé en ce que le support commun (7) des deux traducteurs ultrasonores (5, 6) possède un montage permettant un décalage latéral (D) du couple de traducteurs (5, 6) par rapport au centre du joint soudé (1) à contrôler.

5

17 - Matériel selon la revendication 13, caractérisé en ce que ledit troisième traducteur (57, 53, 54, 55) comporte une céramique d'émission (53) d'ondes permettant d'émettre des ondes sonores et d'une céramique de réception (54) d'ondes sonores permettant de recevoir des ondes sonores.

10

1/5

FIG. 1

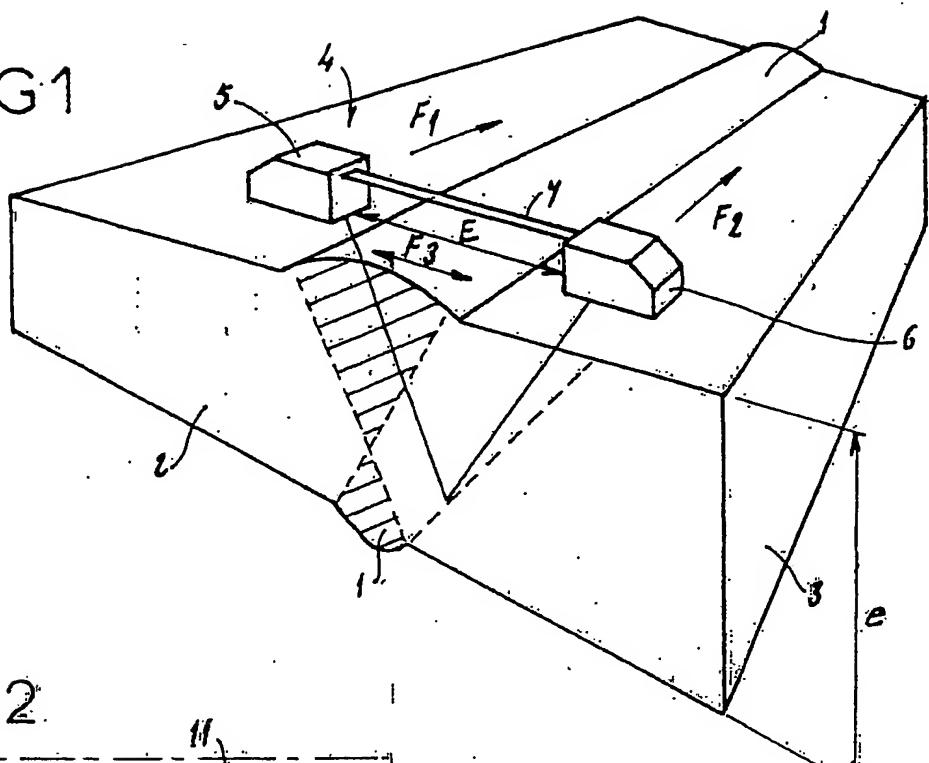
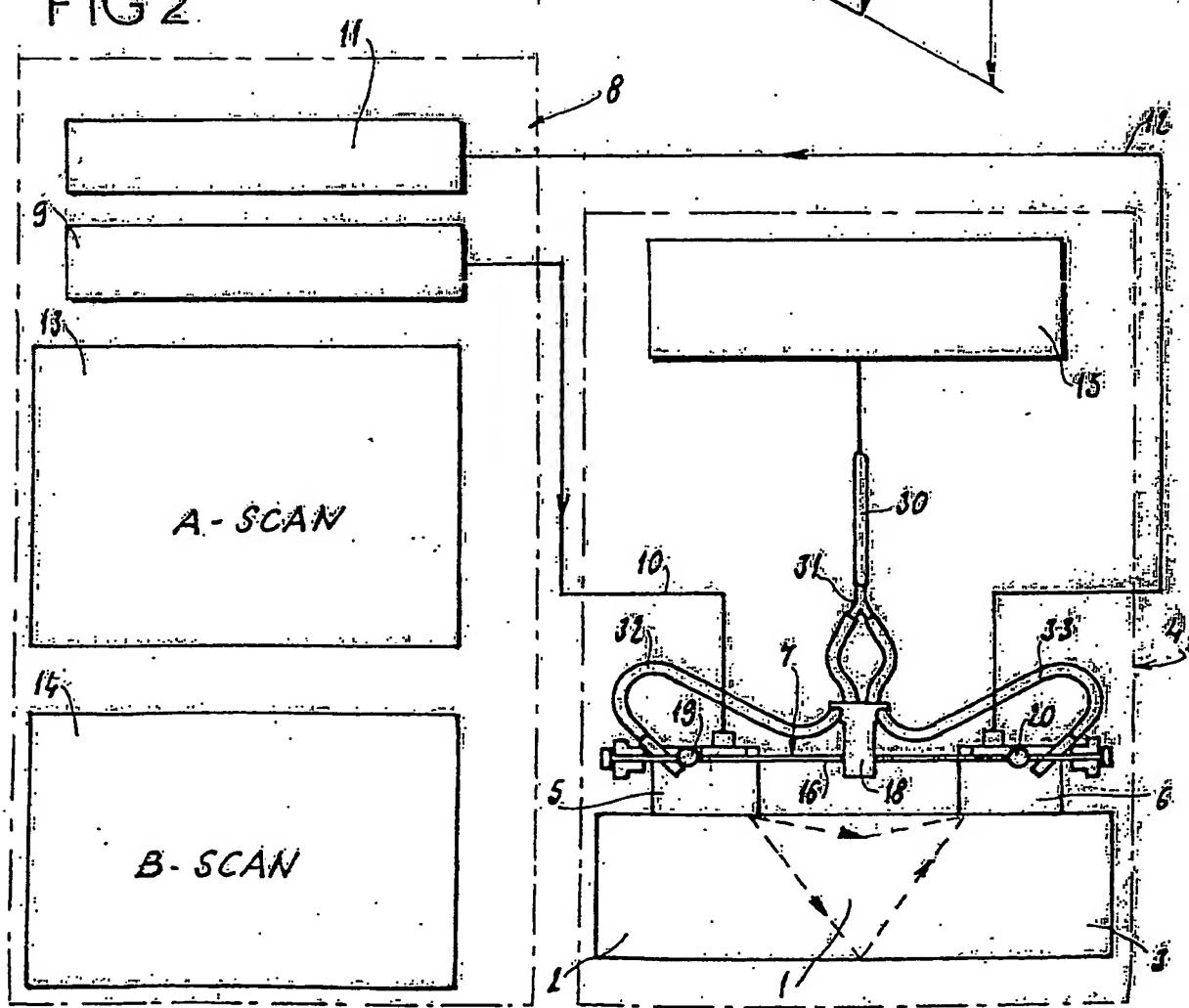


FIG 2



25

FIG 3

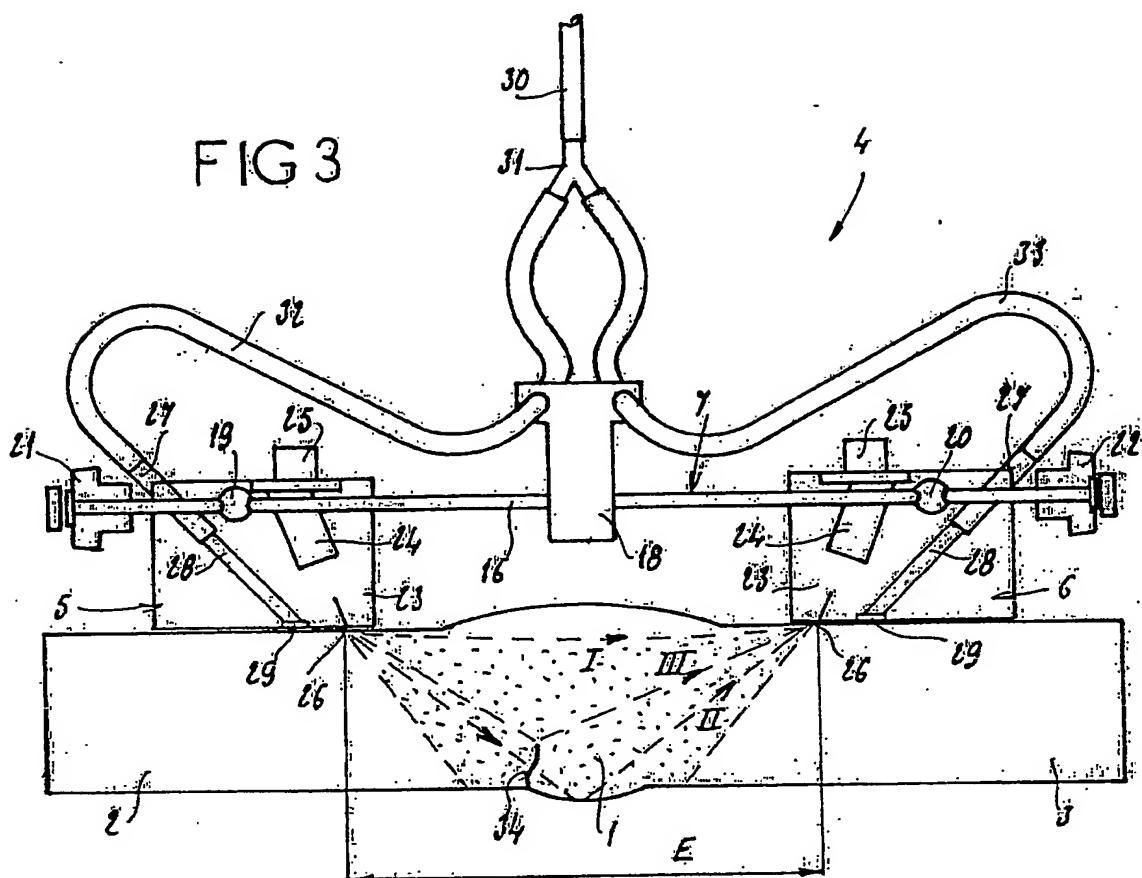
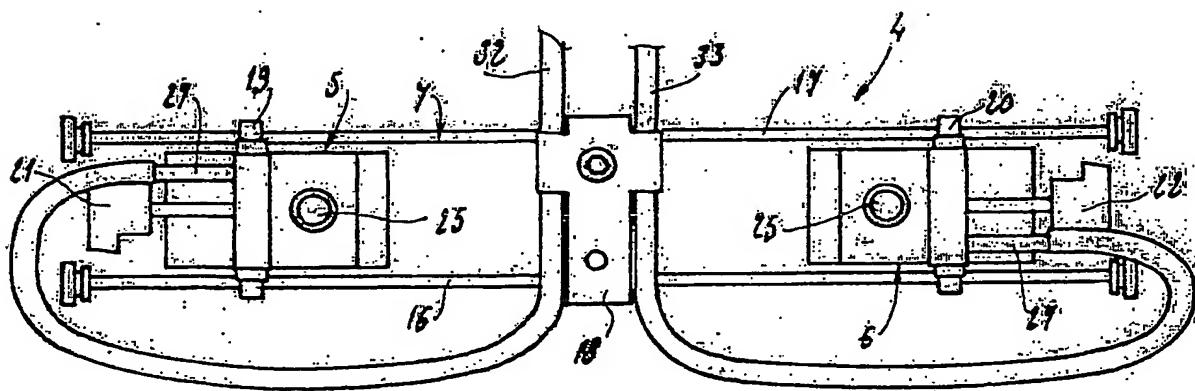


FIG 4



3/5

FIG5

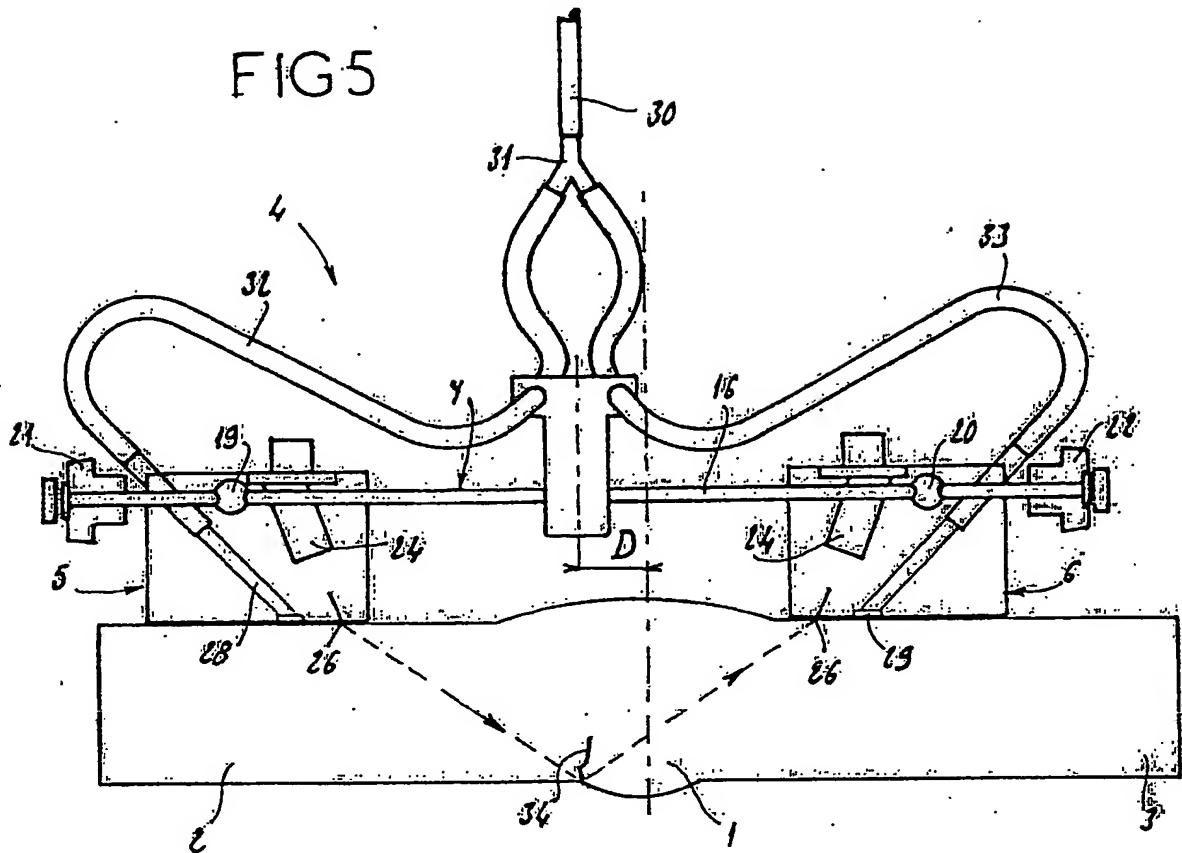
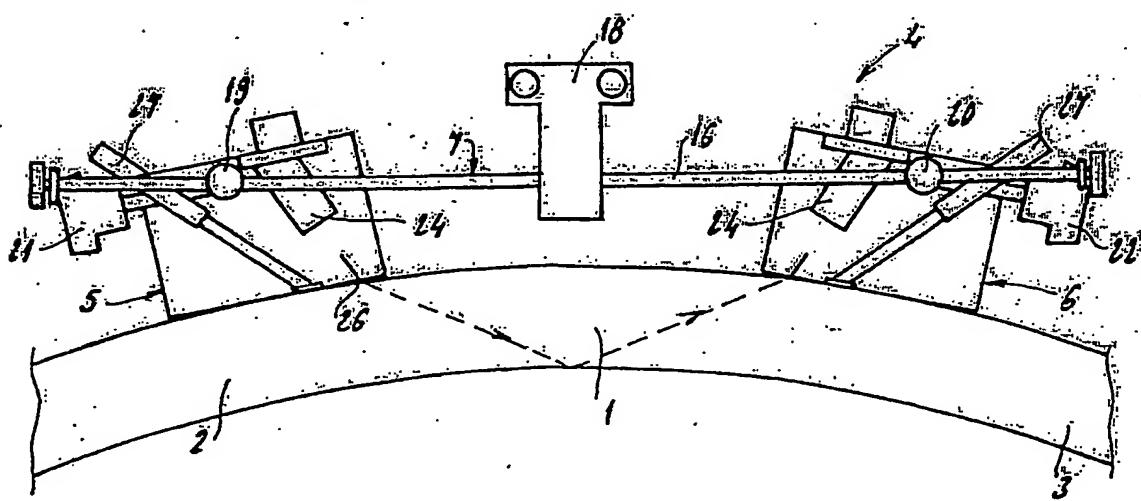
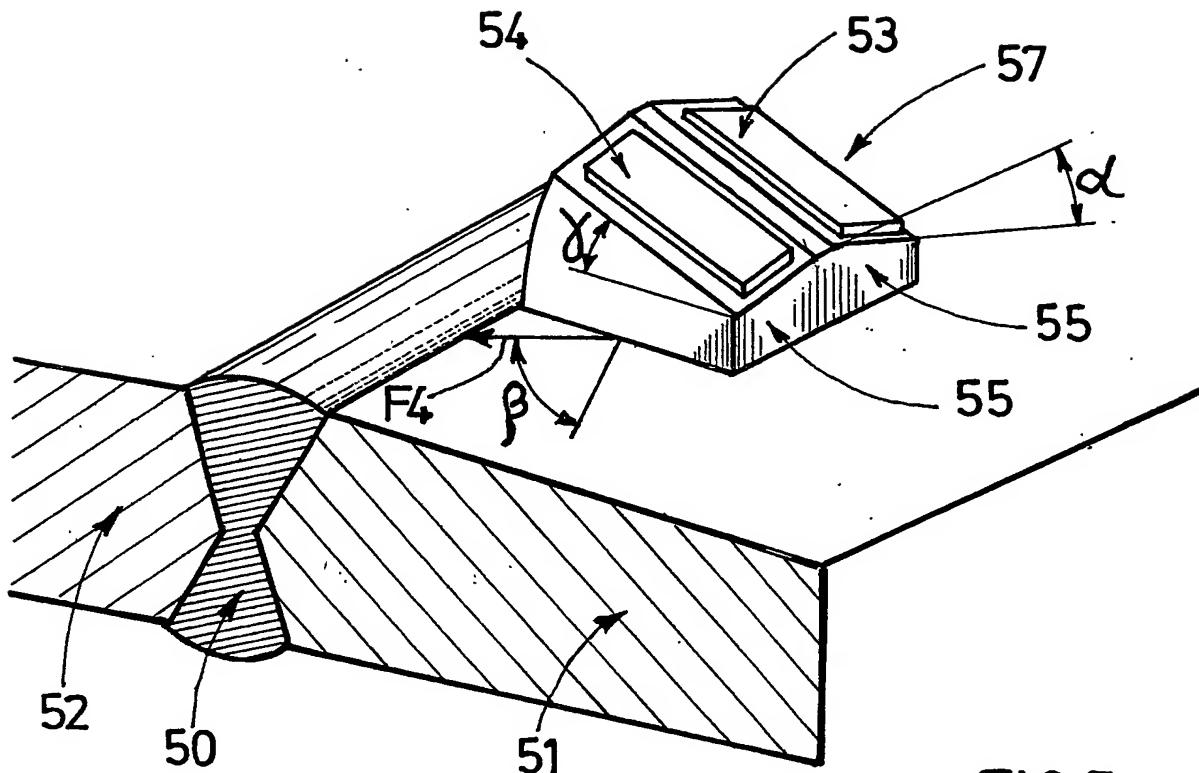
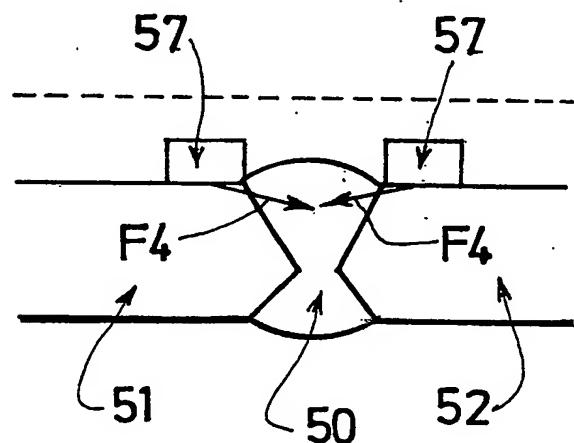


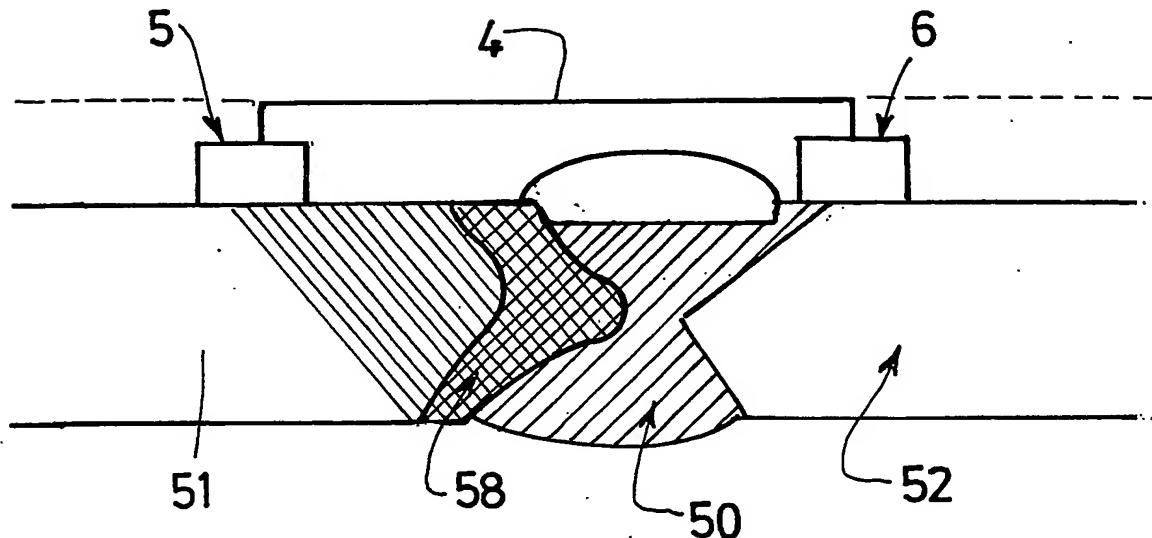
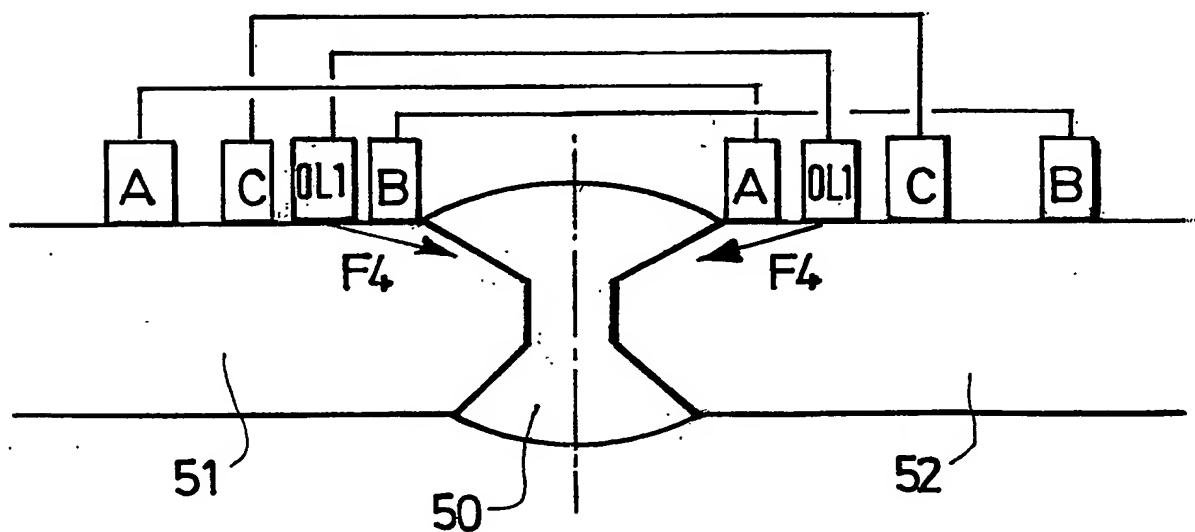
FIG6



4/5

FIG.7FIG.8

5/5

FIG. 9FIG. 10

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR03/01798

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
 IPC 7 G01N29/26 G01N29/10 B23K31/12

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
 IPC 7 G01N B23K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	GB 2 198 532 A (ATOMIC ENERGY AUTHORITY UK) 15 June 1988 (1988-06-15) cited in the application the whole document ---	1-17
Y	WO 02 31487 A (CHICAGO BRIDGE & IRON CO) 18 April 2002 (2002-04-18) page 4, line 12 -page 6, line 21 page 11, line 4-9; figure 3 ---	1-17
A	EP 0 166 666 A (LECOMTE JEAN CLAUDE ;CENCE MARIO (FR)) 2 January 1986 (1986-01-02) page 1, line 1-18 page 4, line 4-11 page 6, line 1-3 ---	13, 17

 Further documents are listed in the continuation of box C. Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*8\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

18 November 2003

Date of mailing of the international search report

26/11/2003

## Name and mailing address of the ISA

 European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Brison, O

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 03/01798

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 804 730 A (SIKORSKI STEVEN L ET AL) 8 September 1998 (1998-09-08) column 2, line 37-57; claim 25 ---	1,6,7
A	EP 0 816 840 A (JEUMONT IND) 7 January 1998 (1998-01-07) column 1, line 3 -column 2, line 12 column 7, line 26-58 column 8, line 40-42; figure 5B ---	13
A	US 3 868 847 A (GUNKEL WALTER A) 4 March 1975 (1975-03-04) abstract; claim 1 ---	13
A	US 5 677 490 A (HECKHAUSER HELMUT ET AL) 14 October 1997 (1997-10-14) abstract ---	13
A	GB 2 219 907 A (ATOMIC ENERGY AUTHORITY UK) 20 December 1989 (1989-12-20) abstract page 1, line 7-19 page 2, line 7-12 page 4, line 27-35 ---	1,2,9,17
A	LILLEY J ET AL: "IN-LINE INSPECTION USING TIME-OF-FLIGHT DIFFRACTION" WELDING AND METAL FABRICATION, IPC LTD. HAYWARDS HEATH, GB, vol. 59, no. 8, 1 October 1991 (1991-10-01), pages 457-458, 460, XP000230602 ISSN: 0043-2245 page 457 -page 458 ---	1,10
A	WO 02 44709 A (COOPER CAMERON CORP) 6 June 2002 (2002-06-06) page 2, line 15-21 page 14, line 3-9 ---	13
A	GB 2 195 022 A (ATOMIC ENERGY AUTHORITY UK) 23 March 1988 (1988-03-23) abstract; figure 2 ---	13
A	EP 0 305 637 A (HOESCH AG) 8 March 1989 (1989-03-08) abstract; figure 1 -----	13

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR-03/01798

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)			Publication date
GB 2198532	A 15-06-1988	NONE			
WO 0231487	A 18-04-2002	US	6405596 B1		18-06-2002
		AU	9674501 A		22-04-2002
		CA	2424265 A1		18-04-2002
		CN	1430727 T		16-07-2003
		EP	1327140 A2		16-07-2003
		NO	20031676 A		11-04-2003
		TW	490553 B		11-06-2002
		WO	0231487 A2		18-04-2002
		US	6497150 B1		24-12-2002
EP 0166666	A 02-01-1986	FR	2566536 A1		27-12-1985
		AT	45814 T		15-09-1989
		DE	3572540 D1		28-09-1989
		EP	0166666 A2		02-01-1986
US 5804730	A 08-09-1998	NONE			
EP 0816840	A 07-01-1998	FR	2750502 A1		02-01-1998
		EP	0816840 A1		07-01-1998
US 3868847	A 04-03-1975	NONE			
US 5677490	A 14-10-1997	WO	9419686 A1		01-09-1994
		DE	59402446 D1		22-05-1997
		EP	0685068 A1		06-12-1995
GB 2219907	A 20-12-1989	NONE			
WO 0244709	A 06-06-2002	US	2002134178 A1		26-09-2002
		AU	3667902 A		11-06-2002
		GB	2385129 A		13-08-2003
		NO	20032447 A		24-07-2003
		WO	0244709 A2		06-06-2002
GB 2195022	A 23-03-1988	NONE			
EP 0305637	A 08-03-1989	DE	3725658 A1		16-02-1989
		AT	59232 T		15-01-1991
		CA	1319971 C		06-07-1993
		DE	3861311 D1		31-01-1991
		EP	0305637 A2		08-03-1989
		GR	89300030 T1		12-04-1989
		GR	3001617 T3		23-11-1992
		JP	1054249 A		01-03-1989
		US	4924707 A		15-05-1990

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale No

PCT/EP/03/01798

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE  
CIB 7 G01N29/26 G01N29/10 B23K31/12

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 G01N B23K

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	GB 2 198 532 A (ATOMIC ENERGY AUTHORITY UK) 15 juin 1988 (1988-06-15) cité dans la demande. Le document en entier ---	1-17
Y	WO 02 31487 A (CHICAGO BRIDGE & IRON CO) 18 avril 2002 (2002-04-18) page 4, ligne 12 -page 6, ligne 21 page 11, ligne 4-9; figure 3 ---	1-17
A	EP 0 166 666 A (LECOMTE JEAN CLAUDE ;CENCE MARIO (FR)) 2 janvier 1986 (1986-01-02) page 1, ligne 1-18 page 4, ligne 4-11 page 6, ligne 1-3 ---	13, 17

Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

\* Catégories spéciales de documents cités:

- \*A\* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- \*E\* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- \*L\* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- \*O\* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- \*P\* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- \*T\* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- \*X\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- \*Y\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- \*&\* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

18 novembre 2003

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

26/11/2003

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale  
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.  
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Brison, O

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale No

PCT/FR/03/01798

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 5 804 730 A (SIKORSKI STEVEN L ET AL) 8 septembre 1998 (1998-09-08) colonne 2, ligne 37-57; revendication 25 ---	1,6,7
A	EP 0 816 840 A (JEUMONT IND) 7 janvier 1998 (1998-01-07) colonne 1, ligne 3 -colonne 2, ligne 12 colonne 7, ligne 26-58 colonne 8, ligne 40-42; figure 5B ---	13
A	US 3 868 847 A (GUNKEL WALTER A) 4 mars 1975 (1975-03-04) abrégé; revendication 1 ---	13
A	US 5 677 490 A (HECKHAUSER HELMUT ET AL) 14 octobre 1997 (1997-10-14) abrégé ---	13
A	GB 2 219 907 A (ATOMIC ENERGY AUTHORITY UK) 20 décembre 1989 (1989-12-20) abrégé page 1, ligne 7-19 page 2, ligne 7-12 page 4, ligne 27-35 ---	1,2,9,17
A	LILLEY J ET AL: "IN-LINE INSPECTION USING TIME-OF-FLIGHT DIFFRACTION" WELDING AND METAL FABRICATION, IPC LTD. HAYWARDS HEATH, GB, vol. 59, no. 8, 1 octobre 1991 (1991-10-01), pages 457-458, 460, XP000230602 ISSN: 0043-2245 page 457 -page 458 ---	1,10
A	WO 02 44709 A (COOPER CAMERON CORP) 6 juin 2002 (2002-06-06) page 2, ligne 15-21 page 14, ligne 3-9 ---	13
A	GB 2 195 022 A (ATOMIC ENERGY AUTHORITY UK) 23 mars 1988 (1988-03-23) abrégé; figure 2 ---	13
A	EP 0 305 637 A (HOESCH AG) 8 mars 1989 (1989-03-08) abrégé; figure 1 -----	13

**RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE**

Renseignements relatifs aux mentions de familles de brevets

Demande internationale No

PCT/FR/03/01798

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)		Date de publication
GB 2198532	A	15-06-1988	AUCUN		
WO 0231487	A	18-04-2002	US	6405596 B1	18-06-2002
			AU	9674501 A	22-04-2002
			CA	2424265 A1	18-04-2002
			CN	1430727 T	16-07-2003
			EP	1327140 A2	16-07-2003
			NO	20031676 A	11-04-2003
			TW	490553 B	11-06-2002
			WO	0231487 A2	18-04-2002
			US	6497150 B1	24-12-2002
EP 0166666	A	02-01-1986	FR	2566536 A1	27-12-1985
			AT	45814 T	15-09-1989
			DE	3572540 D1	28-09-1989
			EP	0166666 A2	02-01-1986
US 5804730	A	08-09-1998	AUCUN		
EP 0816840	A	07-01-1998	FR	2750502 A1	02-01-1998
			EP	0816840 A1	07-01-1998
US 3868847	A	04-03-1975	AUCUN		
US 5677490	A	14-10-1997	WO	9419686 A1	01-09-1994
			DE	59402446 D1	22-05-1997
			EP	0685068 A1	06-12-1995
GB 2219907	A	20-12-1989	AUCUN		
WO 0244709	A	06-06-2002	US	2002134178 A1	26-09-2002
			AU	3667902 A	11-06-2002
			GB	2385129 A	13-08-2003
			NO	20032447 A	24-07-2003
			WO	0244709 A2	06-06-2002
GB 2195022	A	23-03-1988	AUCUN		
EP 0305637	A	08-03-1989	DE	3725658 A1	16-02-1989
			AT	59232 T	15-01-1991
			CA	1319971 C	06-07-1993
			DE	3861311 D1	31-01-1991
			EP	0305637 A2	08-03-1989
			GR	89300030 T1	12-04-1989
			GR	3001617 T3	23-11-1992
			JP	1054249 A	01-03-1989
			US	4924707 A	15-05-1990